

Contrats doctoraux 2026

Titre du projet de thèse : Transition métal-isolant d'Anderson : approche non-perturbative par groupe de renormalisation fonctionnel

Directeur(s) de thèses : Adam Rançon (PhLAM)

Résumé du projet de thèse (en 20 lignes maximum) :

Le transport de l'information est au cœur des technologies de la communication. Les effets quantiques jouent un rôle croissant dans les dispositifs utilisés pour les communications et le traitement de l'information. Par exemple, la cryptographie sécurisée basée sur l'intrication quantique entre les photons est désormais devenue une technologie commerciale. Grâce aux avancées technologiques récentes, les systèmes classiques sont progressivement remplacés par des systèmes mésoscopiques, ce qui implique que les effets d'interférence quantique deviennent de plus en plus importants.

La grande majorité des systèmes quantiques sont affectés par du désordre, dû par exemple aux aléas de fabrication. Cela peut poser des problèmes pour les technologies quantiques, car il peut être difficile de contrôler et de manipuler l'information quantique lorsqu'elle est affectée par le désordre. Par exemple, si les particules quantiques utilisées pour stocker et traiter l'information sont exposées à des influences extérieures qui les perturbent, cela peut affecter leur comportement et compromettre la qualité de l'information qu'elles traitent. Il est dès lors crucial de comprendre les effets des imperfections et du désordre dans les expériences d'atomes froids, pour une meilleure maîtrise de ces simulateurs d'un nouveau genre.

Si la phénoménologie de la transition métal-isolant (exposants, multifractalité, échelles de longueur, etc.) est bien établie numériquement et expérimentalement, une description théorique contrôlée fait encore défaut. Cela est dû à la complexité du modèle théorique sous-jacent, qui est une théorie des champs supersymétriques très complexes. Les approches standards de théorie des champs, telles que les développements perturbatifs, sont impuissantes pour ce problème et ne permettent pas d'obtenir des prédictions quantitatives précises à la transition.

Le sujet de thèse se propose d'attaquer ce problème via une méthode moderne et non-perturbative, appelée groupe de renormalisation fonctionnel non-perturbatif, qui est une méthode très puissante qui a déjà montré son intérêt pour deux nombreux problèmes de physique des systèmes désordonnés. Adam Rançon est un expert de la méthode, pour laquelle il a développé de nouvelles implémentations pour des systèmes quantiques fortement corrélés, qui peuvent être utilisées pour s'attaquer à la transition d'Anderson.

Pour cela, nous nous intéresserons dans un premier temps à des modèles supersymétriques de formulations plus simples qui présentent également des transitions de localisation. Cela permettra d'adapter les méthodes de renormalisation fonctionnelle à ces modèles, pour ensuite les généraliser. Nous étudierons les propriétés à la transition, telles que les exposants critiques universels ou la multifractalité.

Date de recrutement envisagée : 01/09/2026

Contact (adresse e-mail) : adam.rancon@univ-lille.fr

Remarques/commentaires supplémentaires :